Journal of Agroecology
Vol. 13, No.1, Spring 2021, p. 23-38

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص ۳۸-۲۳

مقاله علمی - پژوهشی

بررسی اثر کودهای آلی، بیولوژیکی و شیمیایی بر اجزاء عملکرد، عملکرد و عملکرد روغن دانه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.)

رضوان سهرابی[۱]، پرویز رضوانی مقدم[۲*]، رضا قربانی[۲] و علیرضا آستارایی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۵/۱۷

سهرابی، ر.، رضوانی مقدم، پ.، قربانی، ر. و آستارایی، ع. ۱۴۰۰. بررسی اثر کودهای آلی، بیولوژیکی و شیمیایی بر اجـزاء عملکـرد، عملکـرد و عملکرد روغن دانه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۳(۱): ۳۸-۲۳.

چکیده

به‌منظور بررسی اثرکودهای آلی، بیولوژیکی و شیمیایی بر اجزاء عملکرد، عملکرد و عملکرد روغن دانه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) آزمایشی در سال زراعی ۹۱- ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. در این آزمایش فاکتور کودهای آلی و زیستی در چهار سطح (کود زیستی بیوسولفور + ۱۰۰کیلوگرم در هکتـار پـودر گـوگرد خالص، هفت کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید، هفت کیلوگرم در هکتار فولویک اسید و عدم مصرف کود (شاهد)) و فاکتورکود شیمیایی و دامی در سه سطح (کود شیمیایی (NPK، به‌ترتیب ۸۰،۴۰،۳۰ کیلوگرم در هکتار)، کود گاوی(۲۰ تن در هکتار) و عدم مصرف کود (شاهد)) استفاده شد. نتایج آزمایش نشان داد که فاکتورهای مورد مطالعه و اثرات متقابل آن‌ها بر صفات تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد روغن اثر معنـی‌داری داشتند. بیشترین ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد فولیکول در بوته، تعداد دانه در فولیکول، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوتـه، عملکـرد دانـه و عملکرد روغن (به‌ترتیب ۵۸/۹ سانتی‌متر، ۵/۷۹، ۷/۷۶، ۷۱/۷، ۵۹۴، ۱/۰۷۵ گرم، ۲/۲ تن در هکتار و ۵۱۷ کیلوگرم در هکتار) مربـوط بـه تیمـار کـود شیمیایی با بیوسولفور بود و کمترین آن‌ها (۴۹ سانتی‌متر، ۳/۰۱، ۳/۹۲، ۳۹/۸، ۱۹۴، ۰/۴۴۵گرم، ۰/۹۳۵ تن در هکتار و ۲۲۱ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد بود. بیشترین و کمترین شاخص برداشت به‌ترتیب مربوط به تیمار کود گاوی با هیومیک اسید (۴۹ درصد) و تیمار شاهد (۲۵/۶ درصـد) بود. بیشترین و کمترین درصد روغن به‌ترتیب مربوط به تیمار کود گاوی با هیومیک اسید (۲۷/۱۱ درصد) و تیمار کود شیمیایی (۲۰/۱۱ درصـد) بـود. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد هیومیک اسید و فولویک اسید وکود زیستی بیوسولفور به تنهایی و یا همراه با کود شیمیایی و گاوی در بهبود صفات کمّی و کیفی گیاه دارویی سیاه‌دانه تأثیر مثبتی داشت.

واژه‌های کلیدی: بیوسولفور، فولویک اسید، کود گاوی، هیومیک اسید.

مقدمه

در دهه‌های اخیر تولید محصولات کشـاورزی عمـدتاً متکـی بـه مصرف نهاده‌های شـیمیایی بـوده کـه منجـر بـه مشـکلات عمـده زیست‌محیطی شده است. تخریب منابع آب و خاک، زوال تنوع زیستی کشـاورزی، آلـودگی هـوا و آب (Samavati & Malakuti, 2006) به‌وسیله کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، تنهـا بخشـی از مشـکلات زیست‌محیطی ناشی از کشاورزی رایج مبتنی بر مصرف نهـاده‌هـای شیمیایی هستند (Chatterjee, 2002). یکی از راهکارهای رفـع ایـن مشکل استفاده از اصول کشـاورزی پایـدار در بـوم‌نظـام‌هـای زراعـی می‌باشد. ازآنجایی‌کـه مـدیریت خـاک از عوامـل اصـلی در نیـل بـه کشاورزی پایدار محسوب می‌شود(Chatterjee, 2002). لذا جایگزینی تدریجی کودهای شیمیایی با کودهای زیستی و آلی باعث خواهد شد که ضمن تأمین نیازهای غـذایی گیاهـان، بهبـود شـرایط فیزیکـی،

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشـد اگرواکولـوژی، گـروه اگروتکنولـوژی، دانشـکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email:rezvani@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.22652

شیمیایی و بیولوژیکی خاک (Arun, 2002)؛ از عوارض سوء زیست‌محیطی حاصل از کاربرد نهاده‌های شیمیایی جلوگیری شود. مواد آلی به‌علت اثرات سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی و بیولوژیک خاک دارند به‌عنوان یکی از ارکان تغذیه گیاه و باروری خاک شناخته شده‌اند. کودهای آلی مهم‌ترین عامل فراهمی ماده آلی در ریزوسفر گیاه می‌باشند (Tejada et al., 2008). کودهای آلی، از جمله کودهای حیوانی، قادر به افزایش قدرت نگهداری آب توسط خاک، کاهش تنش‌ها از جمله تنش خشکی (Macilwain, 2004)، افزایش تنوع میکروبی خاک(Oehl et al., 2004) ، بهبود ساختمان فیزیکی خاک (Pulleman et al., 2003) و جلوگیری از فرسایش خاک (Pinamonti, 1998) می‌باشند که به همراه تأمین بخشی از مواد غذایی مورد نیاز گیاه (Turgut et al., 2005)، رشد و عملکرد گیاه را بهبود داده (Kramer et al., 2002) و کیفیت و سلامت محصول را افزایش می‌دهد (Gilesm, 2004).

هیومیک اسید و فولویک اسید از اسیدهای آلی هستند و ترکیب پلیمری طبیعی آلی دارند. این اسیدهای آلی در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به‌وجود می‌آیند (Aiken et al., 1985). مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، منجر به افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود (Natesan et al., 2007). این نوع از کودها به‌دلیل داشتن خاصیت کلات‌کنندگی، احیاءکنندگی (Chen & Aviad, 1990) باعث جذب عناصر غذایی نظیر نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس می‌شوند (Harper et al., 2000) و هم‌چنین باعث افزایش متابولیسم ریزجانداران خاک می‌شوند که نتیجه آن بهبود وضعیت فیزیکی و باروری خاک و افزایش رشد ریشه و ساقه است (Cooper et al., 1998). هیومیک اسید با وزن مولکولی ۳۰۰۰۰۰– ۳۰۰۰۰ دالتن سبب تشکیل کمپلکس‌های محلول با عناصر میکرو می‌گردد (Michael, 2001).

کود زیستی بیوسولفور تحت عنوان به‌ساز خاک حاوی مجموعه‌ای از مؤثرترین میکروارگانیسم‌های اکسیدکننده گوگرد است که قادرند در کوتاه‌ترین زمان، مقادیر قابل ملاحظه‌ای از گوگرد عنصری (S) را اکسید کنند. با اکسیداسیون، نه تنها عناصر مهم فوق از ریشه جذب می‌شوند، بلکه گوگرد به سولفات تبدیل شده و به‌راحتی توسط گیاه جذب می‌شود. فسفر یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان زراعی است که قابلیت جذب آن به‌دلیل تثبیت توسط یون‌های معدنی نظیر آلومینیوم، آهن در خاک‌های اسیدی و کلسیم در خاک‌های قلیایی به‌شدت کاهش می‌یابد (Gaur et al., 1980). باکتری *Bacillus lentus* باعث آزادسازی فسفات از ترکیبات معدنی می‌گردد (Gaur et al., 1980; Rudresh et al., 2005). این میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات با تولید اسیدهای آلی و معدنی و تولید آنزیم فسفاتاز باعث انحلال فسفات‌های معدنی و آلی می‌شوند (Salimpur, 2010). جوتر و ردی (Jutur & Reddy, 2007) نیز تأثیر مثبت این باکتری‌ها در حلالیت فسفر را به اثبات رساندند. جونز و داراه (Jones & Darrah, 1996) نیز در آزمایش خود نشان دادند که اسیدهای آلی آزاد شده از ریزجاندارانی نظیر باسیلوس علاوه‌بر فسفر، باعث آزادسازی منگنز، روی، آهن و منیزیم از کمپلکس‌های موجود در خاک می‌گردند.

بررسی تأثیر سطوح مختلف کود دامی روی گیاهان دارویی زنیان (*Trachyspermum copticum*) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) نشان داد که بیشترین میزان تجمع ماده خشک در گیاه زنیان در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد، هم‌چنین بیشترین شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در تیمار۲۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد (Mir Hashemi et al., 2010). رضازاده و همکاران (Rezazadeh et al., 2012) گزارش کردند که در شرایط استفاده از هیومیک اسید، عملکرد علوفه ذرت ۳۱ درصد بیشتر از شاهد بود. در مطالعه دیگری کاربرد ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک هیومیک اسید منجر به افزایش طول و قطر ساقه، وزن خشک، میزان عناصر غذایی و عملکرد گیاه فلفل (*Capsicum frutesens*) شد (Turkmen et al., 2005). نتایج قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2011) نشان داد که کاربرد اسید هیومیک در آب آبیاری ذرت بر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در ردیف و طول بلال تأثیر معنی‌داری داشت، امّا تأثیر آن بر شاخص برداشت، وزن هزار دانه و تعداد ردیف معنی‌دار نبود.

مکارتی (Maccarthy, 2001) گزارش کرد کاربرد اسید هیومیک با افزایش جذب عناصر کم مصرف در گیاه گندم در رفع کلروز برگی مؤثر بود. شرفی و همکاران (Sharafi et al., 2010) نشان دادند تأثیر مصرف *تیوباسیلوس* برای کلزا (*Brassica napus*) بر طول ساقه اصلی، تعداد غلاف در ساقه اصلی و شاخه فرعی، و تعداد برگ در هر بوته معنی‌دار بود. رحیم‌زاده و همکاران (Rahimzade et al., 2011) در پژوهش خود روی گیاه دارویی

بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه در تیمار کود شیمیایی و کمترین در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) بود. همچنین احمدیان و همکاران (Ahmadian et al., 2009) گزارش کردند کودهای آلی بر عملکرد بذر در گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) معنی‌دار بود. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2011) گزارش کردند، کاربرد کودهای بیولوژیک مناسب می‌تواند در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه مؤثر باشد.

سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) گیاهی یک‌ساله، دولپه، علفی و دارویی متعلق به خانواده آلاله است (Zargari, 1998). شرایط محیطی و حاصلخیزی خاک یکی از عوامل تأثیرگذار در عملکرد دانه، کمّیت و کیفیت اسانس و روغن تولیدی در سیاه‌دانه می‌باشد. با توجه به این‌که تحقیقات چندانی در خصوص تأثیر کودهای هیومیک اسید و فولویک اسید بر سیاه‌دانه انجام نشده است، لذا توجه به مدیریت تأمین نیازهای غذایی سیاه‌دانه با تأکید بر استفاده از کودهای بیولوژیک و آلی در کشت موفقیت‌آمیز این گیاه اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱- ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ۲۸َ ۵۹ْ شرقی و عرض جغرافیایی ۱۵َ ۳۶ْ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) به‌اجرا در آمد. آزمایش شامل ۱۲ تیمار که به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش فاکتور کودهای آلی و زیستی در چهار سطح (کود زیستی بیوسولفور + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پودر گوگرد خالص، هفت کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید، هفت کیلوگرم در هکتار فولویک اسید و عدم مصرف کود (شاهد)) و فاکتور کود شیمیایی و گاوی در سه سطح (کود شیمیایی، کود گاوی و عدم مصرف کود (شاهد)) استفاده شد. تیمارهای آزمایش به شرح زیر می‌باشند:

کود شیمیایی NPK (به‌ترتیب۸۰،۴۰،۳۰ کیلوگرم در هکتار) با فولویک اسید (به‌میزان هفت کیلوگرم در هکتار)

کود گاوی (۲۰ تن در هکتار) با فولویک اسید (هفت کیلوگرم در هکتار)

فولویک اسید (هفت کیلوگرم در هکتار)

کود شیمیایی NPK (به‌ترتیب ۸۰،۴۰،۳۰ کیلوگرم در هکتار) با هیومیک اسید هفت کیلوگرم در هکتار)

کود گاوی (۲۰ تن در هکتار) با هیومیک اسید (هفت کیلوگرم در هکتار)

هیومیک اسید (هفت کیلوگرم در هکتار)

کودشیمیایی NPK (به‌ترتیب ۸۰،۴۰،۳۰ کیلوگرم در هکتار) با بیوسولفور با گوگرد (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)

کود گاوی (۲۰ تن در هکتار) با بیوسولفور با گوگرد (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)

بیوسولفور با گوگرد (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)

کود شیمیاییNPK (به‌ترتیب ۸۰،۴۰،۳۰ کیلوگرم در هکتار)

کودگاوی (۲۰ تن در هکتار)

تیمار شاهد (بدون کود)

قبل از اجرای آزمایش، نمونه‌گیری از خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر انجام شد و همراه با کودهای آلی مورد استفاده، مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت. نتایج آزمایش خاک در جدول ۱ و کود گاوی در جدول ۲ آمده است. مقدار کود گاوی با معادل‌سازی بر اساس میزان نیتروژن خالص (با ضریب دسترسی ۵۰٪) کود شیمیایی تعیین شد. گوگرد هم به‌صورت پودری مورد استفاده قرار گرفت. کود زیستی بیوسولفور (باکتری تیوباسیلوس با جمعیتی معادل ۱۰۹ سلول زنده در هر گرم) نیز طبق دستورالعمل شرکت تولیدکننده (شرکت فرآوری شیمیایی زنجان)، مصرف شد (کود زیستی بیوسولفور به‌ازای هر ۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار یک کیلوگرم استفاده شد و قبل از کشت با زدن شیارهایی روی پشته، در محل کشت با خاک مخلوط شد). کود گاوی کاملاً پوسیده یک هفته قبل از کشت در تیمارهای مربوطه به‌صورت اختلاط با خاک پشته‌ها اضافه شد. کود شیمیایی آمونیوم دی‌فسفات (بر اساس میزان فسفات) و پتاسیم اکسید قبل از کاشت با زدن شیارهایی روی پشته، در محل کشت با خاک مخلوط شدند و کود اوره به‌صورت سرک به‌منظور تأمین مقدار نیتروژن باقی‌مانده، در دو مرحله و به‌صورت یکسان (۴۸ کیلوگرم در هکتار) که مرحله اول قبل از گل‌دهی و مرحله دوم پس از گل‌دهی استفاده شد.

بذر گیاه سیاه‌دانه از مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد. بذور به‌صورت خطی در دو طرف هر پشته در ۲۶ اسفند ماه ۱۳۹۰ با عمق پنج سانتی‌متر کشت شد. ابعاد هر کرت

۲/۵×۳ متر ایجاد شد و تیمارها به‌صورت تصادفی در کرت‌ها اختصاص یافتند. در هر کرت پنج ردیف کشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد. فاصله بین کرت‌ها در هر بلوک به‌اندازه دو ردیف نکاشت و فاصله بین بلوک‌ها یک متر درن ظر گرفته شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن تا زمان استقرار کامل گیاه هر هفته دو مرتبه به‌صورت نشتی انجام گرفت. پس از استقرار کامل گیاه، آبیاری هفته‌ای یک نوبت انجام شد. به‌منظور حصول تراکم مناسب، گیاه در دو مرحله و پس از استقرار کامل در مرحله چهاربرگی و شش‌برگی تنک شد و به تراکم مورد نظر (۲۰۰ بوته در مترمربع) رسید. عمل وجین علف هرز به‌روش دستی، در سه نوبت انجام گرفت. در طول دوره رشد هیچ نوع آفت یا بیماری مشاهده نگردید و بنابراین هیچ سم یا آفت‌کشی مورد استفاده قرار نگرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه
Table 1- Physicochemical characteristics of farm soil

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	پتاسیم P (mg.kg^{-1})	فسفر P (mg.kg^{-1})	نیتروژن کل Total N (%)	بافت Texture	
7.8	1.2	302	21.6	0.058	سیلت- لومی Silt loam	خاک Soil

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کود گاوی مورد استفاده در آزمایش
Table 2- Physicochemical characteristics of was used cow manure in the experiment

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC(dS.m^{-1})	پتاسیم Potassium (mg.kg^{-1})	فسفر P (mg.kg^{-1})	نیتروژن کل Total N (%)	
8.04	3.86	1.67	0.668	0.839	کود گاوی Cow Manure

قبل از برداشت به‌طور تصادفی ۱۰ بوته از هر کرت به‌منظور اندازه‌گیری خصوصیات مورفولوژیکی و اجزاء عملکرد دانه سیاه‌دانه شامل: ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد فولیکول پر در بوته، تعداد دانه در فولیکول و وزن هزار دانه برداشت شد. پس از حذف اثر حاشیه (دو ردیف کناری و ۰/۲۵ متر از ابتدا و ۰/۲۵ متر از انتهای کرت) بوته‌های سطح باقی‌مانده برای تعیین عملکرد دانه برداشت شد.

برای تعیین درصد روغن مقدار پنج گرم دانه به‌طور تصادفی از دانه‌های برداشت شده از هر کرت انتخاب و با استفاده از دستگاه سوکسله با حلال ان- هگزان مقدار روغن دانه تعیین شد. تجزیه واریانس (ANOVA) و تحلیل رگرسیونی داده‌های حاصل از آزمایش و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال یک و پنج درصد و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی

نتایج نشان داد که اثر ساده فاکتور کود آلی و زیستی بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۳) و بیشترین آن مربوط به کود بیوسولفور (۵۵ سانتی‌متر) بود (جدول ۴)، امّا تعداد شاخه جانبی در فاکتور کود آلی و زیستی معنی‌دار نبود. فاکتور کود شیمیایی و گاوی بر ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌جانبی اثر معنی‌دار داشتند و بیشترین ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی مربوط به کود شیمیایی (به‌ترتیب ۵۶ سانتی‌متر و ۵/۱) وکمترین آن مربوط به شاهد بود (جدول ۴). امّا اثر متقابل این فاکتورها اگرچه معنی‌دار نبود (جدول ۳)، ولی باعث افزایش ارتفاع بوته شد. بیشترین ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی مربوط به تیمار کود شیمیایی با بیوسولفور (به‌ترتیب ۵۹ سانتی‌متر و ۵/۸) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (به‌ترتیب ۴۹ سانتی‌متر و۳/۰) بود (جدول ۵). ارتفاع بوته با تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و عملکرد دانه همبستگی مثبت معنی‌داری داشت. به نظر می‌رسد در دسترس بودن آب و تأمین تدریجی عناصر غذایی ضروری گیاه در تیمارهای کود آلی و زیستی از طریق افزایش تعداد گره‌ها و طول میان‌گره‌ها ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Berti & Jacobs, 1996). در گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) استفاده از کودهای بیولوژیک بر صفات ظاهری ارتفاع بوته و تعداد کاپیتول در بوته تأثیر معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد کاپیتول در بوته و بزرگ‌ترین کاپیتول از نظر قطر در تیمار کود بیوسولفور بود (Dehghani Meshkani, 2010). هم‌چنین در یک آزمایش مزرعه‌ای روی ریحان (*Ocimum basilicum*)، کاربرد توأم کودهای نیتروژنه آلی و معدنی، باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته نسبت به کاربرد کودهای معدنی به

تنهایی شد (Kandeel et al., 2002). مرادی و همکاران (Moradi et al., 2011) نیز افزایش معنی‌دار در تعداد شاخه اصلی و فرعی نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) را در کاربرد کوهای بیولوژیک و آلی در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) گزارش کردند. امّا کمایستانی (Kamayestani, 2012) در آزمایش خود، بی‌تأثیر بودن تیمارهای کودی روی شاخه‌های جانبی گیاه انیسون (*Pimpinella anisum*) را گزارش کرد و همچنین یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2011) بی‌تأثیر بودن تیمارهای کودی اعمال شده روی گیاه ماریتیغال (*Silybum marianum*) و تهامی زرندی (Tahami Zarand et al., 2011) روی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) بر تعداد شاخه‌های فرعی را گزارش کردند.

اجزای عملکرد

فاکتور کودهای آلی و زیستی اثر معنی‌داری بر تعداد فولیکول در بوته نداشت، امّا اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در فولیکول داشت (جدول ۳). بیشترین مقدار این فاکتور برای تعداد دانه در فولیکول مربوط به کود بیوسولفور (۵۷) بود، اگرچه تنها با شاهد (۴۲) تفاوت داشت (جدول ۴). فاکتور کودهای شیمیایی و گاوی اثر معنی‌داری بر تعداد فولیکول در بوته و تعداد دانه در فولیکول داشت و بیشترین آن‌ها مربوط به کود شیمیایی (به‌ترتیب ۶/۴ و ۶۰) بود (جدول ۴) و اثر متقابل کودها اگرچه باعث افزایش شد، امّا اثر معنی‌داری نداشتند. بیشترین تعداد فولیکول در بوته و تعداد دانه در فولیکول در تیمار کود شیمیایی با بیوسولفور (به‌ترتیب ۷/۸ و ۷۲) و کمترین آن در تیمار شاهد (به‌ترتیب ۳/۹ و۴۰) بود (جدول ۵). تعداد فولیکول در بوته با تعداد شاخه جانبی، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و عملکرد دانه؛ و تعداد دانه در فولیکول با ارتفاع بوته، وزن دانه در بوته و عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری داشت (جدول ۶).

فاکتور کود آلی و زیستی و فاکتور کودهای شیمیایی و گاوی و اثر متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر تعداد دانه و وزن دانه در بوته داشتند (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه و وزن دانه در بوته در فاکتور کود آلی و زیستی در تیمار کود بیوسولفور (به‌ترتیب ۳۴۸ و ۰/۶۹۷ گرم) و کمترین آن‌ها در شاهد (به‌ترتیب ۲۳۷ و ۰/۵۱۸ گرم) مشاهده شد و بیشترین مقدار این صفات در فاکتور کود شیمیایی و گاوی در تیمار کود شیمیایی (به‌ترتیب ۳۹۲ و ۰/۸۰۶ گرم) و کمترین آن‌ها در شاهد (به‌ترتیب ۲۴۴ و ۰/۵۴۷ گرم) ملاحظه شد (جدول ۴). بیشترین و کمترین تعداد دانه و وزن دانه در بوته به‌ترتیب مربوط به تیمارکود شیمیایی با بیوسولفور (۵۹۴ و ۱/۰۷۵ گرم) و شاهد (۱۹۴ و ۰/۴۴۵) دیده شد (جدول ۵). تعداد دانه در بوته با کلیه صفات کمّی اندازه‌گیری شده (ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد فولیکول در بوته، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک) به‌غیر از وزن هزار دانه و شاخص برداشت همبستگی مثبت معنی‌داری داشت. استفاده از کودهای مختلف روی وزن هزار دانه اثر معنی‌داری نداشت. با این وجود، تیمارهای تلفیقی کود گاوی با هیومیک اسید وکود شیمیایی به‌ترتیب بیشترین (۲/۳ گرم) و کمترین (۲/۲ گرم) مقدار را دارا بودند. وزن هزار دانه با تعداد شاخه جانبی، تعداد فولیکول در بوته و عملکرد بیولوژیک همبستگی منفی داشت (جدول ۶). تعداد فولیکول در بوته از اجزای مهم عملکرد محسوب می‌شود، زیرا فولیکول که دربرگیرنده تعداد دانه و نهایتاً افزایش تعداد دانه در گیاه است، باعث افزایش عملکرد می‌شود. تعداد فولیکول در دانه با تعداد شاخه جانبی، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و عملکرد دانه همبستگی مثبت معنی‌داری داشت (جدول ۶). شالان (Shalan, 2005) افزایش تعداد کپسول در بوته را تحت شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک گزارش کرد. دهقانی مشکانی (Dehghani Meshkani et al., 2010) در تحقیقی که در مورد تأثیر کودهای بیولوژیک بر گیاه بابونه شیرازی (*Matricaria recutita* L.) انجام دادند، گزارش کردند که تعداد کاپیتول در بوته در تیمار بیوسولفور نسبت به کود شیمیایی و سایر کودهای بیولوژیک بیشتر بود. همچنین خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2011) با انجام پژوهشی روی گیاه سیاه‌دانه، اثر تلقیح با کودهای بیولوژیک در تعداد فولیکول در بوته را معنی‌دار گزارش کردند. مرادی (Moradi, 2009) نیز افزایش تعداد دانه در بوته را ناشی از مصرف کودهای آلی در رازیانه گزارش کرد. به نظر می‌رسد که بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه و همچنین افزایش آب در دسترس گیاه ناشی از بهبود خواص فیزیکی خاک در اثر مصرف کودهای آلی، باعث افزایش قدرت رشد گیاه، افزایش تعداد فولیکول در بوته، تعداد دانه در فولیکول و در نتیجه، تعداد دانه در بوته و وزن دانه در بوته می‌باشد. وزن هزار دانه با تعدادشاخه جانبی، تعداد فولیکول در بوته و عملکرد بیولوژیک همبستگی منفی داشت (جدول ۶).

جدول3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر برخی از صفات کمّی و کیفی گیاه سیاه‌دانه

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for studied factors on qualitative and quantitative traits of *Nigella sativa* L

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil percentage	شاخص برداشت HI	عملکرد دانه Seed yield	وزن دانه در بوته Seed weight/Plant	وزن هزار دانه 1000-seed weights	تعداد دانه در بوته Number of seed plant per	تعداد دانه در فولیکول Number of seeds per follicle	تعداد فولیکول در بوته Number of follicles per plant	تعدادشاخه جانبی Branch No./Plant	ارتفاع بوته Plant height
بلوک Block	2	0.0014	6.14 *	0.0097	0.0004	0.0062	0.00007	585	64.7	0.5857	0.214	0.174
فاکتورکود آلی و زیستی Organic and biological fertilizers factor (A)	3	0.0325**	3.18	0.0039 *	0.5419 **	0.0799 **	0.00305	55580 **	1390*	4.13	4.24	55.46 *
کود شیمیایی و گاوی Chemical and Cow manure fertilizers factor (B)	2	0.0247*	38.7 **	0.0031	0.6175 **	0.2118 **	0.00244	160569**	1041*	17.4 *	16.15**	120**
B × A	6	0.0123 *	5.95 *	0.0108*	0.1820 *	0.0582 **	0.00166	152896**	562	12.26	6.25	13.83
خطا Error	22	0.0036	1.55	0.0039	0.0574	0.0024	0.00133	385	109	1.14	0.6080	11.34
ضریب تغییرات C.V (%)		19.01	5.46	17.56	17.29	7.55	1.6359	6.57	19.75	19.2	17.3	6.44

** و *: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

**, *: are significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات ساده فاکتورهای مورد مطالعه بر برخی از صفات کمّی و کیفی سیاه‌دانه

Table 4- Mean comparison for studied factors on qualitative and quantitative traits of *Nigella sativa* L.

	عملکرد روغن Oil yield ($t.ha^{-1}$)	درصد روغن Oil percentage	شاخص برداشت HI	عملکرد دانه Seed yield ($t.ha^{-1}$)	وزن دانه در بوته Seed weight/Plant (g)	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	تعداد دانه در بوته No. seed per plant	تعداد دانه در فولیکول No. seeds per follicle	تعداد فولیکول در بوته No. follicles per plant	تعداد شاخه جانبی Branch No. $Plant^{-1}$	ارتفاع بوته Plant height (cm)
فاکتور کود آلی و زیستی Organic and biological fertilizers factor											
بیوسولفور Biosulfur	0.368^{a}*	23.2	34.2^{b}	1.58^{a}	0.697^{a}	2.25	348^{a}	57.02^{a}	6.03	4.70	55.4^{a}
هیومیک اسید Humic acid	0.339^{a}	23.4	43.2^{a}	1.45^{a}	0.706^{a}	2.23	318^{b}	54.35^{a}	5.70	4.96	51.8^{b}
فولویک اسید Fulvic acid	0.326^{a}	22.2	30.4^{b}	1.47^{a}	0.713^{a}	2.21	295^{c}	57.73^{a}	5.21	4.13	52.3^{ab}
Controlشاهد	0.229^{b}	22.4^{a}	35.6^{b}	1.02^{b}	0.518^{b}	2.21	237^{d}	42.31^{b}	5.25	4.21	49.4^{b}
فاکتور کودهای شیمیایی و گاوی Chemical and cow manure fertilizers factor											
کود شیمیایی Chemical fertilizers	0.365^{a}	21.9^{b}	34.8^{a}	1.64^{a}	0.806^{a}	2.21^{a}	3920^{a}	60.08^{a}	6.36^{a}	5.08^{a}	55.9^{a}
کود گاوی Cow manure fertilizers	0.277^{b}	21.6^{b}	37.8^{a}	1.29^{b}	0.623^{b}	2.23^{a}	258^{b}	47.18^{b}	5.61^{ab}	4.85^{a}	50.5^{b}
Controlشاهد	0.304^{b}	24.8^{a}	35^{a}	1.21^{b}	0.547^{c}	2.23^{a}	244^{b}	51.30^{b}	4.66^{b}	3.56^{b}	50.2^{b}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

* For each column, values marked with the same letter are not signicantly different at the P = 0.05 level according to Duncan’s multiple range test (DMRT).

جدول 5- مقایسه‌میانگین اثرات متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر برخی از صفات کمّی سیاه‌دانه

Table 5- Mean comparison for interaction effects of studied treatments on qualitative and quantitative traits of *Nigella sativa* L.

صفات Traits / تیمار Treatment	عملکرد روغن Oil yield (t.ha^{-1})	درصد روغن Oil percentage	شاخص برداشت HI	عملکرد دانه Seed yield (t.ha^{-1})	وزن دانه در بوته Seed weight plant^{-1} (g)	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	تعداد دانه در بوته No. seed plant^{-1}	تعداد دانه در فولیکول No. seeds per follicle	تعداد فولیکول در بوته No. follicles plant^{-1}	تعدادشاخه جانبی Branch No. Plant^{-1}	ارتفاع بوته Plant height (cm)
کود شیمیایی + بیوسولفور Chemical fertilizers+ biosulfur	0.517^{a*}	23.11^{bcd}	0.38^{ab}	2.22^{a}	1.07^{a}	2.243	594^{a}	71.91	7.76	5.79	58.9
کود گاوی + بیوسولفور Cow manure fertilizer + biosulfur	0.264^{bcd}	22.22^{bcde}	0.39^{ab}	1.19^{ab}	0.573^{cde}	2.266	241^{efg}	47.95	6.13	5.18	51.2
بیوسولفور Biosulfur	0.323^{bcd}	24.44^{b}	0.3733^{ab}	1.32^{cd}	0.485^{ef}	2.253	227^{fgh}	54.43	4.19	3.13	56.1
کود شیمیایی + هیومیک اسید Chemical fertilizers+ humic acid	0.367^{b}	21.99^{cde}	0.4067^{ab}	1.67^{bc}	0.813^{b}	2.226	367^{b}	59.57	6.06	4.79	54
کود گاوی + هیومیک اسید Cow manure fertilizer + humic acid	0.364^{b}	27.11^{de}	0.49^{a}	1.36^{cd}	0.659^{c}	2.313	294^{c}	50.78	5.21	5.23	51.8
هیومیک اسید Humic acid	0.286^{bcd}	21.11^{e}	0.4^{ab}	1.34^{cd}	0.648^{c}	2.213	293^{cd}	50.13	5.85	4.85	48.8
کود شیمیایی + فولویک اسید Chemical fertilizer+ fulvic acid	0.357^{bc}	22.22^{bcde}	0.353^{bc}	1.6^{bc}	0.779^{b}	2.226	350^{b}	64.88	5.66	4.83	54.8
کود گاوی + فولویک اسید Cow manure fertilizer+ fulvic acid	311^{bcd}	20.55^{e}	0.346^{bc}	1.54^{bc}	0.751^{b}	2.186	272^{cde}	50.78	5.27	4.3	52.1
فولویک اسید Fulvic acid	309^{bcd}	24.33^{bc}	0.37^{bc}	1.26^{cd}	0.611^{cd}	2.236	262^{cdef}	57.54	4.7	3.25	50
کود شیمیایی Chemical fertilizers	221^{d}	20.11^{e}	0.353^{bc}	1.07^{d}	0.557^{de}	2.173	257^{defg}	43.96	5.98	4.91	55
کود گاوی Cow manure fertilizer	246^{cd}	23^{bcd}	0.286^{bc}	1.07^{d}	0.512^{ef}	2.256	225^{gh}	39.89	5.84	4.71	47.1
شاهد Control	221^{d}	23.66^{bc}	0.256	0.935^{d}	0.445^{f}	2.246	194^{h}	39.86	3.92	3.01	49

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

* For each column, values marked with the same letter are not signicantly different at the P= 0.05 level according to Duncan' s multiple range test (DMRT).

جدول ٦- ضرایب همبستگی برخی از صفات کمّی و کیفی گیاه سیاه‌دانه

Table 5- The correlation coefficient for qualitative and quantitative traits in plant *Nigella Sativa* L.

	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil percentage	شاخص برداشت HI	عملکرد دانه Seed yield	وزن دانه در بوته Seed weight/Plant	وزن هزار دانه 1000-seed weights	تعداد دانه در بوته Number of seed/ plant	تعداد دانه در فولیکول Number of seeds/ follicle	تعداد فولیکول در بوته Number of follicles per plant	تعداد شاخه جانبی Branch No./Plant	ارتفاع بوته Plant height
ارتفاع بوته Plant height											1
تعداد شاخه جانبی Branch No./Plant										1	0.534
تعداد فولیکول در بوته Number of follicles/ plant									1	0.861**	0.71*
تعداد دانه در فولیکول Number of seeds/ follicle								1	0.434	0.257	0.677*
تعداد دانه در بوته Number of seed/ plan							1	0.839	0.813*	0.594*	0.015
وزن هزار دانه 1000-seed weights						1	0.013	0.105	-0.082	-0.054	0.639*
وزن دانه در بوته Seed weight/plant					1	0.106	0.951**	0.837*	0.775*	0.618*	0.729*
عملکرد دانه Seed yield				1	0.963**	0.004	0.938**	0.897**	0.698*	0.502	0.572
شاخص برداشت HI			1	0.286	0.367	0.388	0.285	0.290	0.150	0.376	-0.3
درصد روغن Oil percentage		1	0.012	-0.082	-0.176	0.289	-0.042	0.049	-0.181	-0.353	0.628*
عملکرد روغن Oil yield	1	0.240	0.267	0.948**	0.883**	0.087	0.911**	0.888**	0.643*	0.393	0.380

**، *: به‌ترتیب نشان‌دهنده، معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

**, * and ns: are significant at 1 and 5 % probability levels, respectively.

در نتیجه، میزان اختصاص مواد فتوسنتزی به هر دانه کاهش پیدا کرد. به نظر می‌رسد وزن هزار دانه از فاکتورهایی است که بیشتر تحت کنترل ژن‌ها است و از توارث‌پذیری بالایی برخوردار است و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Ganpat, 1992). مرادی و همکاران (Moradi et al., 2011) گزارش کردند که اعمال تیمارهای مربوط به کودهای آلی و بیولوژیک منجر به افزایش وزن دانه در چتر و نیز وزن هزار دانه رازیانه نشد. در تحقیق دیگری یونسیان (Unesian, 2011) در آزمایش خود روی گیاه رازیانه گزارش کرد که تیمارهای کودی (کودهای آلی و بیولوژیک) مورد بررسی بر وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری نداشتند ولی تأثیر معنی‌داری بر وزن دانه در بوته داشتند. یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2011) گزارش کردند که بین کودهای آلی و زیستی از نظر تأثیر بر وزن هزار دانه گیاه دارویی ماریتیغال تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. لطفی و همکاران (Lotfi et al., 2009) گزارش کردند که سطوح مختلف کود دامی بر وزن هزار دانه گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata*) تأثیر نداشت. عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای کودآلی بر وزن هزار دانه در گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum*) نیز گزارش شد (Saeid Nezhad & Rezvani Moghaddam, 2011). نتایج آزمایش اکبرنژاد و همکاران (Akbar Nezhad et al., 2011) روی گیاه سیاه‌دانه، افزایش معنی‌دار کاربرد کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب نسبت به شاهد بر وزن دانه در بوته را نشان داد.

عملکرد دانه

فاکتور کودهای آلی و زیستی و فاکتور کودهای شیمیایی و گاوی و اثر متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۳). بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به کود شیمیایی با بیوسولفور (۲/۲ تن در هکتار) و شاهد (۰/۹۳۵ تن در هکتار) بود (جدول ۵). عملکرد دانه با کلیه صفات کمّی اندازه‌گیری شده به‌غیر از تعداد شاخه جانبی در بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت همبستگی مثبت معنی‌داری داشت. بیشترین همبستگی بین وزن دانه در بوته با عملکرد (r= ۰/۹۶) مشاهده شد (جدول ۶).

در تحقیقات مختلف به نقش کودهای شیمیایی، آلی و زیستی در افزایش عملکرد گیاهان دارویی اشاره شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. با توجه به این‌که در این پژوهش در اکثر صفات اندازه‌گیری شده و هم‌چنین عملکرد دانه، بیشترین مقدار مربوط به تیمار کود شیمیایی با *تیوباسیلوس* وکمترین آن‌ها مربوط به تیمار شاهد بود، به نظر می‌رسد که کودهای شیمیایی از طریق تأمین سریع و راحت‌تر نیازهای غذایی گیاهان (Chen, 2006) باعث افزایش رشد و عملکرد شد. هم‌چنین به نظر می‌رسد مصرف کود زیستی بیوسولفور (حاوی باکتری *تیوباسیلوس*) همراه با گوگرد، از طریق اکسایش گوگرد باعث تنظیم شاخص واکنش در خاک، بهبود حلالیت و جذب فسفر و در نتیجه، ارتقاء رشد و عملکرد گیاهان شد (Garcia, 1991; Khorasani, 2010). جونز و داراه (Jones & Darrah, 1996) نیز اظهار داشتند که حلالیت فسفات در خاک در حضور اسیدهای آلی تا ۱۰۰۰ برابر افزایش می‌یابد. بنابراین، فراهمی مواد غذایی بر اثر وجود کودهای زیستی و شیمیایی یکی از دلایل افزایش عملکرد بود.

با وجود خاک‌های قلیایی در بخش عمده‌ای از زمین‌های کشاورزی ایران، استفاده از باکتری *تیوباسیلوس* به‌عنوان کود زیستی می‌تواند با تولید اسید سولفوریک و کاهش pH خاک‌های قلیایی در افزایش حلالیت عناصر پرمصرف و کم‌مصرفی مانند فسفر، آهن، منگنز و روی و در نتیجه، افزایش جاذب آن‌ها توسط گیاه در این خاک‌ها مؤثر باشد (Foroghifar & Purkasmaei1, 2002). هم‌چنین گوگرد از طریق افزایش مقاومت گیاهان به عوامل بیماری‌زا و خشکی می‌تواند باعث بهبود عملکرد گیاهان شود(Schofield et al., 1981). رضاپور و همکاران (Rezapor et al., 2011) گزارش کردند که کاربرد کود گوگرد سبب افزایش عملکرد دانه در سیاه‌دانه شد و مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد عملکرد دانه را ۷/۲٪ افزایش داد. نتایج رضاپور و همکاران (Rezapor et al., 2011) تأثیر معنی‌دار و مثبت کود گوگرد بر کلیه اجزای عملکرد دانه، تنظیم کننده‌های اسمزی و عملکرد اسانس به‌ویژه تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار را نشان داد. کمایستانی (Kamayestani, 2012) در بررسی مدیریت‌های کودی روی گیاه انیسون (*Pimpinella anisum*)، بیشترین عملکرد بیولوژیک را در استفاده تلفیقی کود شیمیایی + بیوسولفور گزارش کرد. کودهای دامی علاوه‌بر نقش تغذیه‌ای، در بهبود کیفیت محصولات، خواص فیزیکی و افزایش فعالیت بیولوژیک خاک تأثیر معنی‌داری دارند. هلال و همکاران (Hellal et al., 2011) هم‌چنین با انجام آزمایشی نشان دادند که استفاده از کودهای زیستی موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه شوید

(*Anethum graveolens*) نسبت به تیمار شاهد شد.

شاخص برداشت

فاکتور کود آلی و زیستی اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت داشتند. در فاکتور کود آلی و زیستی بیشترین مقدار شاخص برداشت مربوط به تیمار کود هیومیک اسید (۴۳/۲ درصد) بود (جدول ۴). بیشترین و کمترین شاخص برداشت به‌ترتیب مربوط به تیمار کود گاوی با هیومیک اسید (۴۹ درصد) و شاهد (۲۵/۶ درصد) بود (جدول ۵). اگرچه بیشترین میزان شاخص برداشت مربوط به تیمار کود گاوی با هیومیک اسید بود، امّا تیمار کود شیمیایی همراه با بیوسولفور که در دیگر صفات برتری نسبی بالاتری را دارا بود، تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). هم‌چنین خندان (Khandan, 2004) در آزمایشی نتیجه گرفت که کود گاوی بیش از کودهای شیمیایی در افزایش عملکرد دانه و کاه‌وکلش گیاه دارویی اسفرزه مؤثر بود. یونسیان (Unesian, 2011) نیز در گیاه رازیانه، فلاحی (Fallahi, 2009) در گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla*. L.) و سعیدنژاد و رضوانی مقدم (Saeid Nezhad & Rezvani Moghaddam, 2011) در گیاه زیره سبز عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای کودی را بر روی شاخص برداشت گزارش کردند.

هیومیک اسید از طریق بهبود جذب عناصر غذایی و سهولت جذب عناصر ماکرو و میکرو (EneJi, 2013)، منجر به بهبود خصوصیات رشدی گیاهان می‌شود. تایلور و کاپر (Taylor & Cooper, 2004) گزارش کردند که کاربرد هیومیک اسید به‌صورت محلول و یا پودر در خاک، بهبود خصوصیات رشدی هویج (*Daucus carota*) را به همراه داشت. هیومیک اسید می‌تواند ضمن کاهش خسارت‌های ناشی از تنش خشکی، خصوصیات کمّی و شاخص‌های رشد گیاه را بهبود بخشد. هم‌چنین کودهای دامی حاوی اکثر عناصر ریزمغذی هستند و مخلوط کردن خاک با کود دامی ضمن تأمین مقادیری از عناصر غذایی، باعث بهبود ساختمان خاک، افزایش نگهداری رطوبت، امکان آماده‌سازی بستر مناسب‌تر برای رشد ریشه، افزایش رشد سبزینگی و بهبود کیفیت و افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Farzane, 2000).

درصد و عملکرد روغن

فاکتور کود شیمیایی و دامی اثر معنی‌داری بر درصد و عملکرد روغن دانه سیاه‌دانه داشت. بیشترین و کمترین درصد روغن به‌ترتیب مربوط به تیمار کود گاوی با کود هیومیک اسید (۲۷ درصد) و کود شیمیایی (۲۰درصد) بود. بیشترین و کمترین عملکرد روغن به‌ترتیب مربوط به کود شیمیایی با بیوسولفور (۰/۵۱۷ تن در هکتار) و کود شیمیایی (۰/۲۲۱ تن در هکتار) بود. عملکرد روغن بیشتر تحت تأثیر عملکرد دانه قرار گرفت تا درصد روغن، و همبستگی مثبت بالا و معنی‌داری با عملکرد دانه (۰/۹۴۸) داشت (جدول ۶). مجید و اسچنیتر در پژوهش خود (Majid & Schneiter, 1987) نیز همبستگی بالای دانه با عملکرد روغن ارقام آفتابگردان را گزارش کردند. الوارز و همکاران (Alvarez et al., 1992) همبستگی مثبتی بین عملکرد دانه با عملکرد روغن آفتابگردان به‌دست آوردند، ولی هیچ‌گونه رابطه خطی بین عملکرد دانه و درصد روغن پیدا نکردند. اقحوانی شجری (Aghhavani Shajari, 2012) در بخشی از پژوهش خود به این نتیجه رسید که کاربرد تلفیقی کود زیستی بیوسولفور به همراه کود گاوی و مصرف توأم کود زیستی بیوسولفور با کود شیمیایی، به‌ترتیب باعث حصول بیشترین درصد و عملکرد روغن گردید. نوروزپور و رضوانی مقدم (Noruzpur & Rezvani Moghaddam, 2006) گزارش کردند افزایش فواصل آبیاری درصد و عملکرد روغن سیاه‌دانه را کاهش داد، آن‌ها اضافه کردند که بین سطوح مختلف تراکم بوته اختلاف معنی‌داری در عملکرد روغن سیاه‌دانه وجود داشت، به‌گونه‌ای که با افزایش تراکم، از عملکرد روغن کاسته شد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد هیومیک اسید و فولویک اسید وکود زیستی بیوسولفور به تنهایی و یا همراه با کود شیمیایی و گاوی در بهبود صفات کمّی و کیفی گیاه دارویی سیاه‌دانه تأثیر مثبتی داشت. کاربرد تلفیقی کود شیمیایی با کود زیستی بیوسولفور منجر به بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن شد و عدم استفاده از کود منجر به کمترین عملکرد دانه و عملکرد روغن شد. بنابراین، با توجه به پاسخ مثبت گیاه دارویی سیاه‌دانه به کاربرد کودهای آلی و زیستی، به نظر می‌آید که به‌کارگیری این کودها ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نیز نداشتن عواقب سوء زیست‌محیطی، روش مناسبی برای پایداری تولید و حفظ محیط زیست است.

References

Ahmadiyan, A., Ghanbari, A., and Gelavi, M., 2009. Effect of animal manure on quantitative and qualitative yield and chemical composition of essential oil in cumin (*Cuminum cyminum*). Journal of Iranian Field Crop Research 4(2): 207-216. (In Persian with English Summary)

Aghhavani Shajari, M., 2012. Effects of single and combined application of nutrients on quantitative and qualitative indices of coriander (*Coriandrum sativum* L.). M.Sc. Thesis , Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Aiken, G.R., McKnight, D.M., Wershaw, R.L., and MacCarthy, P., 1985. Humic Substances in Soil, Sediment and Water. Wiley-Interscience, New York, USA.

Akbarnejad, F., Astaraei, A.R., Fotovat, A., and Nassiri Mahallati, M., 2011. Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on yield and yield components of black Cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Iranian Field Crop Research 8(5): 767-771.(In Persian with English Summary)

Arun, K.S., 2002. A Handbook of Organic Farming. Pub. Agrobios, India. 626 p.

Alvarez, D., Ludena, P., and Fratos, Y.E., 1992. Correlation and causation among sunflower traits. Proc. 13th. International Sunflower Conference, Pisa. Italy p. 182-204.

Berti, W.R., and Jacobs, I.W., 1996. Chemistry and phytotoxicity of soil trace elements from repeated sewage sludge application. Journal of Environmental Quality 25: 1025-1032.

Chen, Y., and Aviad, T., 1990. Effects of humic substances on plant growth. In: P. MacCarthy et al. (eds.) Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected readings. SSSA and ASA, Madison, WI, U.S.A 161-186.

Chen, J., 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use, Bangkok, Thailand p. 16-20.

Chatterjee, S.K., 2002. Cultivation of medicinal and aromatic plants in India a commercial approach. Proceedings of an International Conference on MAP, Acta Horticulture (ISHS), Springa-Verlag, Berlin 576: 191-202.

Cooper, R.J., Liu, C.H., and Fisher, D.S., 1998. Influence of humic substances on rooting and nutrient content of creeping bentgrass. Crop Science 38: 1639-1644.

Dehghani Meshkani, M.R., Naghdi Badi, H.A., Darzi, M.T., Mehrafarin, A., and Rezazadeh, B.A., 2010. Effect of biological and chemical fertilizers on yield and quality chamomile Shirazi. (*Matricaria recutita* L.). Journal of Medicinal Plants 2(38): 35-48. (In Persian with English Summary)

EneJi, A.E.R., Islam, P., and Amalu, U.C., 2013. Nitrate retention and physiological adjustment of maize to soil amendment with superabsorbent polymers. Journal of Cleaner Production 52: 474-480.

Farzaneh, H., 1990. AgroChemistry, (translation). Avaye Nur, Press, Iran. 318 p. (In Persian)

Fallahi, J., Khocheki, A.R., and Rezvani Moghaddam, P., 2008. Investigating the effect of organic fertilizers on quantitative index and the amount of essential oil and chamazulene in chamomile (*Matricaria chamomilla*). Agricultural Research (Water, Soil and Plant Agricultural) 8(1): 157-168. (In Persian with English Summary)

Foroughifar, H. and Purkamayestani, M.A., 2002. Sciences and Management of Soil (vol.1). (Translation). Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Press. 467 p. (In Persian)

Ganpat, S., Jshwar, S., and Bahti, D.S., 1992. Response of blond psyllium (*Plantago ovata) to* irrigation and split application of nitrogen. Indian. Journal of Agronomy 37: 880-881.

Gaur, A.C., Ostwal, K.P., and Mathur, R.S., 1980. Save super phosphate by using phosphate-solubilizing culturesand rock phosphate. Kheti 32: 23-25.

Gilesm J., 2004. Is organic food better for us? Nature, London 428: 796-797.

Garcia, O., 1991. Isolation and characterization of *Aciditiobacillus thiooxidans* and *Aciditiobacillus ferrooxidans* from mineral mines. Revista Berasileira de Microbiologia 20: 1-6.

Ghorbani, S., Khazaei, H.R., Kafi, M., and Bannayan Aval, M., 2011. Effects of humic acid application with irrigation water on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology 1(2): 111-118. (In Persian with English Summary)

Harper, S.M.., Kerven, G.L., Edwards, D.G., and Ostatek-Boczynski, Z., 2000. Characterisation of fulvic and humic acids from leaves of Eucalyptus camaldulensis and from decomposed hay. Soil Biochemical 32: 1331-1336.

Hellal. F.A., Mahfouz, S.A., and Hassan, F.A.S., 2011. Partial substitution of mineral nitrogen fertilizer by bio-fertilizer on (*Anethum graveolens* L.) plant. Agriculture and Biology Journal of North America 2(4):652-660.

Jones, D.L., and Darrah, P.R., 1996. Re-sorption of organic compounds by roots of *Zea mays* L. and itsconsequences in the rhizosphere. Plant and Soil 178: 153-160.

Jutur, P.P., and Reddy, A.R., 2007. Isolation, purification and properties of new restriction endonucleases from *Bacillus badius* and *Bacillus lentus*. Microbiological Research 162: 378-383.

Kandeel, A.M., Naglaa, S.A.T., and Sadek, A.A., 2002. Effect ofbiofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of *Ocimum basilicum* L. plant. Annals of Agricultural Science, Ain Shams University, Cairo, 47(1): 351–371.

Kamayestani, N., 2012. Quantitative and qualitative yield anise (*Pimpinella anisum*) response to fertilizer management. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.(In Persian with English Summary)

Kramer, A.W., Doane, T.A., Horwath, W.R., and Van Kessel, C., 2002. Combining fertilizer and organic inputs to synchronize N supply in alternative cropping system in California. Agriculture Ecosystem and Environmental 91: 233-243.

Khandan, A., 2004. Effects of organic and inorganic fertilizers on yield and yield components of *Plantago ovata* Forsk**.** M.Sc. Thesis , Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.(In Persian with English Summary)

Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R., 2011. Effect of biofertilizers on the yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Iranian Field Crop Research 8(5): 758-766. (In Persian with English Summary)

Khorassani**,** R., 2010. Phosphorus uptake efficiency in corn, sugar beet and groundnut. Journal of Water and Soil 24(1): 188-180. (In Persian with English Summary)

Lotfi, A., Vahabi Sedehi, A.A., Ganbari, A., and Heydari, M., 2009. The effect of deficit irrigation and manure on quantity and quality traits of plantago ovate Forssk. In Sistan region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(4): 506-518. (In Persian with English Summary)

Maccarthy, P., 2001. The principles of humic substances. Soil Science 166:738–751.

Macilwain, C., 2004. Is organic farming better for the environment? Nature 428: 797-798.

Majid, H.R. and Schneiter, A.A., 1987. Yield and quality of semi dwarf and standard height sunflower hybrids grown at five plant populations. Agronomy Journal 79: 681-684.

Michael, K., 2001. Oxidized lignites and extracts from oxidizwd lignites in agriculture. Soil Science: 1-23.

Moradi, R., Nassiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A. and Ali Nejad, A., 2011. Effect of biological and organic fertilizers on quality and quantity of essential oil of anise (*Foeniculum vulgare* Mill*.).* Journal of Horticultural Science 25(1): 25-33.(In Persian with English Summary)

Moradi, R., 2009. Effect of biological and organic fertilizers on quality and quantity of essential oil of anise (*Foeniculum vulgare* Mill*.).* M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Mir Hashemi, S.M, Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M., 2010. Evaluation of growth indices of Ajowan and Fenugreek in pure culture and ntercropping based on organic agriculture. Journal of Iranian Field Crop Research 2(7): 685-693. (In Persian with English Summary)

Natesan, R.S., Kandasamy, S., Thiyageshwari, and Boopathy, P.M., 2007. Influence of lignite humic acid on the micronutrient availability and yield of blackgram in an alfisol. Science World Journal 7: 1198-1206.

Norozpoor, G., and Rezvani Moghaddam, P., 2006. Effect of different irrigation intervals and plant density on oil yield and essences percentage of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(3): 134-138. (In Persian with English Summary)

Oehl, F., Sieverding, E., Mäder, P., Duboi, S.D., Ineichen, K., Boller, T. and Wiemken, A., 2004. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. Oecologia, 138: 574-583.

Pinamonti, F., 1998. Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. Nutrition Cycling Agro-ecosystem 51:239-248.

Pulleman, M.A., Jongmans, J. and Bouma, J., 2003. Effects of organic versus conventional arable farming on soil structure and organic matter dynamics in a marine loam in the Netherlands. Soil Use Management 19:157-165.

Rudresh, D.L., Shivaprakash, M.K., and Prasad, R.D., 2005. Effect of combined application of *Rhizobium*, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma* spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cideraritenium* L.).

Applied Soil Ecology 28: 139-146.

Rezazadeh, H., Khrasani, S.K., and Haghighi, R.S.A., 2012. Effects of humic acid on decrease of phosphorus usage in forage maize var. KSC704 (*Zea mays* L.). Australian Jurnal of Agricultural Engineering 3: 34-38.

Rezapor, A., Heydari, M., Galavi, M., and Ramrodi, M., 2011. Effect of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grian yield, grain yield components and osmotic adjustment in (*Nigella sativa* L.). Journal Iranian of Medicinal and Aromatic Plants Research 27(3): 384-396. (In Persian with English Summary)

Rahimzadeh, S., Sohrabi-,Y., Heidari, Gh.R., Eivazi, A.R., and Hoseini, T., 2011. Effect of bio and chemical fertilizer s on yield and quality of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(1): 81-96. (In Persian with English Summary)

Saeidnejad, A.H. and Rezvani Moghaddam, P., 2011. Investigation the effect of compost, vermicompost, cow and sheep manures on yield, yield components and essence percentage of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Journal of Horticulture Science 2(24): 142-148. (In Persian with English Summary)

Salimpur,S., Khavazi, K., Nadian, H.A., and Besharati, H., 2010. Effect of rock phosphate with sulfur and micro-organisms on yield and chemical composition. Journal of Soil Research 24(1): 9-19. (In Persian with English Summary).

Samavat, S., and Malakooti, M., 2006. Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. Water and Soil Researchers Technical 463: 1-13.

Shaalan, M.N., 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. Egyptian Journal of Agricultural Research 83:811-828.

Sharafi, S., Abbas Dokht, H., Chaeichi, M.R., and Ghasemi, S., 2010. The effect of thiobacillus inoculation and type of nitrogen fertilization on yield and yield components (*Brassica napus* L.) fall cultivars. Iranian Journal of Field Crop Science 41(3): 459-468. (In Persian with English Summary)

Tahami Zarandi, M., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M., 2011. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2(1): 70-82. (In Persian with English Summary)

Taylor, G., and Cooper, L., 2004. Humic acid: The root to healthy plant growth. California State Science Fair.

Tejada, M., Gonzalez, J.L., García-Martínez, A.M., and Parrado, J., 2008. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. Bioresource Technology 99: 1758-1767.

Turgut, I., Bilgili, U., Duman, A., and Acikgoz, E., 2005. Effect of green manuring on the yield of sweet corn. Agronomy Sustainable Development 25:1-5.

Turkmen, O., Demir, S., Sensoy, S., and Dursun, A., 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus and humi acid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. Journal of Biological Sciences 5: 565-574.

Yazdani Biuki, R., Khazaie, H.R., Rezvani Moghaddam, P., and Astaraei, A., 2011. Effects of animal manures and chemical fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of milk thistle plant (*Silybum marianum*). Journal of Iranian Field Crop Research 8(5): 735-746. (In Persian with English Summary)

Younesian, A., 2011. Sustainable management of nutrition in fennel cultivation (*Foeniculum vulgare* Mill). M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.(In Persian with English Summary)

Zargari, A., 1998. Medicinal plants. University of Tehran, Press. 951 p. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.1, Spring 2021, p. 23-38

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص ۳۸-۲۳

Effect of Organic, Biological and Chemical Fertilizers on Yield, Yield Components and Oil Yield of Black Seed (*Nigella sativa* L.)

R. Sohrabi Renani[1], P. Rezvani Moghaddam[2*], R. Ghorbani[2] and A.R. Astaraie[3]
Submitted: 10-06-2013
Accepted: 08-08-2013

Sohrabi Renani, R., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., and Astaraie, A.R., 2021. Effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, yield components and oil yield of black seed (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 13 (1):23-38.

Introduction

In recent decades, agricultural production has largely relied on the use of chemical inputs, which has led to major environmental problems. Destruction of water and soil resources, deterioration of agricultural biodiversity, air and water pollution by chemical fertilizers and pesticides are only part of the environmental problems caused by common agricultural use of chemical inputs. One of the solutions to this problem is to apply sustainable farming principles in agricultural ecosystems. Soil management is one of the main factors in achieving sustainable agriculture. Therefore, the gradual replacement of chemical fertilizers with organic and biofertilizers will help to meet the nutritional needs of plants, improve the physical, chemical and biological conditions of the soil and prevent the adverse environmental effects of chemical applications. Organic matter has been recognized as one of the nutrients of plant nutrition and fertility due to its constitutive effects on soil physiological and biological properties. Organic fertilizers are the most important source of organic matter in the rhizosphere of plants. Black seed is an annual, dicotyledonous, herbaceous, medicinal plant belonging to the Ranunculaceae family. Environmental conditions and soil fertility are one of the factors affecting grain yield, quantity and quality of essential oil and oil produced in black seed. Since there is not much research on the effect of humic acid and fulvic acid on black seed, therefore, attention to the management of nutritional needs of black seed with emphasis on the use of biological and organic fertilizers in the successful cultivation of this plant is inevitable.

Materials and Methods

In order to evaluate the effects of organic, biological and chemical fertilizers on yield, yield components and oil yield of black seed, a field experiment was conducted at Research Station, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during the growing season of 2011-2012. The experimental layout was factorial based on randomized complete block design with three replications. Experimental treatments included all combinations of organic and biological fertilizers factor in four levels (biosulfure + 100 $kg.ha^{-1}$ sulphor, humic acid (7 $kg.ha^{-1}$), fulvic acid (7 $kg.ha^{-1}$) and control) and chemical and animal manure factor in three levels (chemical fertilizer (NPK (80:40:30 $kg.ha^{-1}$, respectively), animal manure (20 $t.ha^{-1}$) and control). In order to determine the oil content, 5 grams of grain were randomly selected from the grains harvested from each plot and then oil content was determined by Soxhlet. Analysis of variance (ANOVA) and regression analysis of the data from the experiment and drawing of shapes were performed using SAS and MSTAT software's. Comparisons of means were performed at 1 and 5% probability level using Duncan multiple range test.

Results and Discussion

The Results showed that studied factors and their interactions had significant effect on number of seed per plant, seed weight/plant, seed yield and oil yield. The highest plant height, number of branch per plant, number of follicles per plant, number of seeds per follicles , number of seeds per plant, seed weight per plant, seed yield and oil yield (59 cm, 5.8,7.8,72, 594,1.075g, 2.2 ($t.ha^{-1}$), 517 ($kg.ha^{-1}$), respectively) were observed in chemical fertilizer + biosulfur biofertilizer treatment and the lowest mentioned traits (49 cm, 3.01, 3.92, 39.8, 194, 0.445, 0.935 ($t.ha^{-1}$),

1- Post Graduate Student, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2- Professor, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3- Associate Professor, Department of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
(*- Corresponding Author Email: rezvani@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.22652

221 (kg.ha^{-1}) respectively) were observed in control treatment. The highest and lowest harvest indexes were observed in animal fertilizer + humic acid (49%) and control (25.6%) treatments, respectively. The highest and lowest oil percentages were observed in animal fertilizer + humic acid (49%) and control (25.6%) treatments, respectively. The results indicated that the use of humic and fulvic acids, and biosulfur biofertilizer alone or in combination with chemical fertilizers and animal manure improve the quantity and quality of *Nigella sativa* characteristics.

Conclusion

The results of this study revealed that considering the positive response of the black seed to application of organic and biological fertilizers, applying these fertilizers while reducing the use of chemical fertilizers as well as having no adverse environmental effects is an appropriate method for sustainable production and environmental protection.

Keywords: Animal manure, Biosulfure, Fulvic acid, Humic acid